

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Геологічний факультет**  
**Кафедра геології корисних копалин і геофізики**

**Затверджено**  
на засіданні кафедри геології  
корисних копалин і геофізики  
геологічного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол №\_1 від 31.08. 2020 р.)

Завідувач кафедри  
доц. Ціхонь С.І. \_\_\_\_\_

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Термодинаміка природних процесів»,**  
**що викладається в межах ОПП другого (магістерського) рівня**  
**вищої освіти для здобувачів**  
**з спеціальності «Науки про Землю»**  
**за освітньо-професійною програмою Геологія**

**Львів 2020 р.**

<b>Назва дисципліни</b>	<b>Термодинаміка природних процесів</b>
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Львівський національний університет імені Івана Франка вул. Грушевського, 4
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Геологічний факультет Кафедра геології корисних копалин і геофізики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань: <b>10 Природничі науки</b> Спеціальність: <b>103 Науки про Землю</b> за освітньо-професійною програмою <b>Геологія</b>
<b>Викладачі дисципліни</b>	Фурман Віталій Васильович, канд. фіз.-мат. наук, доцент
<b>Контактна інформація викладачів</b>	Фурман Віталій <a href="mailto:vitaliy.furman@lnu.edu.ua">vitaliy.furman@lnu.edu.ua</a> , <a href="mailto:fourman@i.ua">fourman@i.ua</a> вул. Грушевського 4; кімн. 125
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні</b>	Консультавання слухачів викладач здійснює згідно затвердженого графіку або за попередньою домовленістю
<b>Інформація про дисципліну</b>	<b>Предметом навчальної дисципліни</b> є опис термодинаміки природних фізичних процесів, що протікають у надрах нашої планети, з метою пояснення сучасної будови і стану Землі, її формування й еволюції. У цьому термодинаміка є теоретичною основою для цілого кола геолого-геофізичних дисциплін. Курс складається з лекцій, на яких даються теоретичні основи термодинаміки природних систем Землі.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна "Термодинаміка природних систем" є базовою у формуванні сучасних представлень про фізичні процеси – фізику Землі, що протікають у надрах Землі, фізичних основ теоретичних та прикладних геофізичних методів досліджень земної кори - геофізики та фізичних принципів геотехнологій для спеціальності "Геологія" на магістерському рівні навчання.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<b>Метою навчальної дисципліни "Термодинаміка природних процесів"</b> є сформулювати та надати загальне представлення про теплові поля, процеси для дослідження земної кори і Землі в цілому, показати, які фундаментальні фізичні властивості масивів гірських порід лежать в основі геофізичних досліджень, зуміти описувати термодинамічні характеристики та реалізовувати моделювання термомеханічних процесів у неоднорідних середовищах активних зон взаємодії кори і мантії Землі. Аналіз сучасного стану фізико-математичних моделей зон активної взаємодії кори і верхньої мантії Землі та методів їхнього розв'язування, комп'ютерної візуалізації, геоінформаційних підходів. <b>Завдання курсу:</b> Розвиток нових підходів до чисельного та фізичного моделювання взаємодії кори та мантії Землі є ключовим для розуміння просторових і часових варіацій полів термодинамічних, геодинамічних характеристик, механічних напружень, густини і температури. Метою курсу в рамках термодинаміки та механіки суцільних неоднорідних середовищ показати на основі побудови фізичних і математичних моделей

	<p>термомеханічних процесів в зонах активної взаємодії кори та верхньої мантії Землі, і з урахуванням диференціації густини в мантії, пов'язаної з варіаціями термодинамічних характеристик. Застосувати до комбінованої моделі "пружний континент – неоднорідна шарувата мантія", розвиток чисельних методів мінімізації енергетичних функціоналів з урахуванням додаткових умов контакту, системних зв'язків між термодинамічними характеристиками неупорядкованих середовищ в зонах активної взаємодії.</p>
<p><b>Література для вивчення дисципліни</b></p>	<p><b>Основна література:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Джефрис Г. Земля, ее происхождение, история и строение, Москва, 1960</li> <li>2. А.В. Викулин . Введение в физику Земли, Петропавловск-Камчатский: изд-во КГПУ. 2004. 240 с.</li> <li>3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М., Наука, 1983.</li> <li>4. Магницкий В.А. Внутреннее строение и физика Земли. М., Недра, 1965 (или 2006).</li> <li>5. О.Г.Сорохтин, С.А.Ушаков. Развитие Земли. МГУ, 2002. 506 с</li> <li>6. Сорокин О.Г. Глобальная эволюция Земли. М., 1974. 184 с.</li> <li>7. Болт Б. В глубинах Земли. О чем рассказывают землетрясения. М., Мир, 1984.</li> <li>8. Ботт М. Внутреннее строение Земли. М., 1974. 374 с.</li> <li>9. Браун Д., Массет А. Недоступная Земля. М., Мир, 1984.</li> </ol> <p><b>Додаткова література</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Буллен Н.Е. Плотность Земли. М., 1978. 448 с..</li> <li>2. Добровольский В.В. . Химия Земли. М., 1980. 176 с.</li> <li>3. Погосян Х.П., Атмосфера и человек. М., 1977. 160 с.</li> <li>4. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М., 1972. 400 с.</li> <li>5. Шейдеггер А. Основы геодинамики. М., 1987. 384 с.</li> </ol>
<p><b>Обсяг курсу</b></p>	<p>Викладається для студентів спеціальності "103 Науки про Землю" денної форми навчання на першому курсі навчання в I семестрі магістерської програми підготовки за освітньою програмою Геологія. Загальна кількість годин – 135 (4,5 кредити за ECTS), з яких відведено на лекції – 32 та самостійну роботу – 103 год. Закінчується заліком.</p>
<p><b>Очікувані результати навчання</b></p>	<p><b>У результаті вивчення даної дисципліни студент повинний:</b></p> <p><b>знати:</b> фізичні характеристики і фізичні процеси; їхній зв'язок з геотектонікою і геодинамікою; методи вибору й обґрунтування раціонального комплексу термодинамічних методів при рішенні різних геологічних задач.</p> <p><b>мати представлення:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- про фізико-математичні основи природних процесів ;</li> <li>- методи термодинамічних досліджень;</li> </ul> <p><b>уміти</b> застосовувати на практиці методи досліджень.</p>
<p><b>Ключові слова</b></p>	<p>Фізика Землі, фізичні поля Землі, фізична термодинаміка, хімічна термодинаміка, термічна будова Землі</p>
<p><b>Формат курсу</b></p>	<p>Очний</p>

<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти мають мати базові знання із основ фізики Землі, загальної геології, геодинаміки, вищої математики, інформатики.
<b>Навчальні методи та техніки, що використовуються під час викладання курсу</b>	лабораторні заняття та індивідуальне завдання
<b>Критерії оцінювання</b>	<p>Оцінювання знань студента викладач здійснює за кредитно-модульною системою з використанням 100-бальної шкали. Підрахунок балів студента буде виконано шляхом їх сумування за формами поточного контролю знань.</p> <p>Щоб отримати відмітку «задовільно» або вищу студенту необхідно набрати в сумі більше 51 бала.</p>
<b>Питання до заліку</b>	<p>Питання поточного контролю успішності:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Як з карти України знайти тиск в середині Землі.</li> <li>2. Порахувати момент інерції оболонок Землі.</li> <li>3. Зміна періоду обертання Землі під час зледенінь</li> <li>4. Скільки часу треба, щоб лід розтанув, якщо сонце весь час гріє.</li> <li>5. Виведіть співвідношення Майєра <math>C_p/C_v = K_s/K_t</math></li> <li>6. Знайти масу Землі та окремих оболонок з врахуванням залежності від глибини густини кожної з оболонок.</li> <li>7. Знайти момент інерції всіх оболонок Землі.</li> <li>8. Яку роботу треба виконати, щоб підняти Україну на 10 см.</li> <li>9. Знайти енергію обертального руху і момент кількості руху оболонок Землі.</li> <li>10. Визначіть і доведіть, яка з оболонок дає найбільший вклад в момент інерції Землі.</li> <li>11. Знайти кінетичні енергії всіх оболонок Землі.</li> <li>12. Отримати із співвідношень Майєра <math>K_s = K_t + V T / C_v</math> (<math>\alpha K_t</math>)</li> <li>13. Оцініть, на яких глибинах речовина кори починає бути пластичною.</li> <li>14. Знайти корінь континентальної кори за даними океанічної кори.</li> <li>15. Яка частина айсберга є під водою.</li> <li>16. Уявімо собі, що ми маємо соляний діапір у вигляді циліндра діаметром 200 км. Густина кори 2,2 висота діапіру 4 км, яка його частина буде в корі.</li> <li>17. Знайти всі величини скалярні і векторні і як вони між собою пов'язані.</li> <li>18. Отримати із співвідношень Майєра <math>C_p = C_v + V T \alpha K_t</math></li> <li>19. Знаходження маси атмосфери Землі.</li> <li>20. Вивести потенціал гравітаційного та електричного полів.</li> <li>21. Петрофізичні характеристики порід.</li> <li>22. Записати рівняння Максвелла в електродинаміці для середовищ.</li> <li>23. На скільки зменшиться маса Сонця, якщо припустити, що за 7 млрд.років вся маса, яка вигоріла, перейшла в енергію</li> </ol>

	<p>випромінювання.</p> <p>24. Яке зусилля треба прикласти і яку роботу треба виконати, щоб занурити на дно тіло (кулястої форми) і яку роботу треба виконати при цьому.</p> <p>25. Оцініть, яка різниця тисків виникне, якщо врахувати поправку <math>dg</math> з глибиною (Маріанська западина).</p> <p>26. Оцініть на скільки змінюється прикладені сили тиску на дні Тихого океану і Маріанської западини.</p> <p>27. Як зміниться момент інерції еліпсоїда обертання при зміні ексцентриситету.</p> <p>28. Знайти температуру атмосфери землі в докембрію.</p> <p>29. Яка з планет Сонячної системи немає магнітного поля?</p> <p>30. Порахувати який тиск чинить Україна на мантию.</p> <p>31. Що таке <math>A</math>(робота) для земних середовищ.</p> <p>32. Оцінити з табличних даних яка максимальна гора на Землі.</p> <p>33. Знайти дані про Сонячну систему як члена нашої галактики.</p> <p>34. Порахувати масу атмосфери з табличних даних.</p> <p>35. Знайти потоншення кори під озером на континенті</p>
<b>Опитування</b>	Тестування (в системі MOODLE) для поточного контролю знань

Схема курсу «Термолинаміка природніх процесів»

Тиждень	Тема, короткі тези	Форма діяльності К-сть год
1-2	<b>ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБОЛОНОК ЗЕМЛІ</b> Фізичні процеси в оболонках Землі. Деформація і напруженість для різних середовищ. Середовище з ускладненими механічними властивостями і його застосування. Феноменологічний опис сковзування. Фізичні причини первинних вертикальних рухів земної кори. Особливості вертикальних коливальних рухів земної кори.	Лекція 4
3	<b>КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ МЕТОДІВ ПО ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСАХ, ПО ОБ'ЄКТАХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ПО РІВНЯХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ СИСТЕМ ЗЕМЛІ.</b>	Лекція 2
4	<b>ТЕРМОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОЛОНОК ЗЕМЛІ.</b> Механіка суцільних середовищ. Поширення хвиль у суцільних, шаруватих та пористих середовищах, рідинах, газах, електромагнетне випромінювання, акустичні хвилі. Хвилі в необмежених середовищах. Основи методу відбитих хвиль. Динамічні особливості поздовжніх відбитих хвиль. Відбиття плоских хвиль від різкої межі. Врахування вільної межі. Приклади розрахунку відбитих хвиль. Загасання. Форма імпульсу відбитої хвилі. Відбивання від тонкого шару. Відбивання від перехідного шару.  Особливості просторового розподілу швидкостей. Особливості просторового розподілу швидкостей в осадових породах. Пружно-в'язкі деформації земної кори. Дифузна в'язкість Землі. Повільні	Лекція 2

	процеси. Внутрішнє тертя..	
5-6	Фізична термодинаміка у природніх системах. Густина і пружні сталі Землі. Рівняння Вільямсона-Адамса. Рівняння стану й енергія стану твердих тіл при високих тисках. Температура верхньої частини Землі за даними геотермічних та геоелектричних вимірювань. Розподіл густини, температур і тисків в оболонках Землі	Лекція 4
7-8	Хімічна термодинаміка у геохімічних процесах  Джерело теплової енергії і вік Землі. Вплив теплопровідності. Зонне плавлення та походження земної кори. Адіабатична температура та температура плавлення в мантії і ядрі Землі. Термічна історія Землі. Основи теоретичних знань про розподіл і виникнення тепла Землі	Лекція 4
9-10	Теплове поле Землі і його джерела (глобальні і локальні). Геотермічні параметри, що характеризують теплові властивості гірських порід і корисних копалин. Тепловий потік і його варіації. Методи і засоби вивчення теплового поля. Спостереження в повітрі, на денній поверхні, у гірських виробленнях. Побудова теоретичної моделі для дослідження зон активної взаємодії кори і верхньої мантії Землі. Методики розробки програмного комплексу на основі геоінформаційних технологій.	Лекція 4
11-12	Аналіз впливу термодинамічних характеристик реологічно неоднорідних середовищ на межі кори та мантії Землі на моделювання зон активної взаємодії..	Лекція 4
13-14	Числове дослідження розподілу полів напружень, деформацій, температури і теплового потоку в зонах активної взаємодії кори та мантії Землі	Лекція 4
15-16	Методики комп'ютерного моделювання геологічних структур в зонах активної взаємодії кори та мантії на прикладі для регіону Українських Карпат	Лекція 4